doi:10.13866/j.azr.2019.03.05

绿洲带地表水与地下水 δD、δ^{18}O 特征①

郭　新，　李　升，　余　斌
（新疆大学地质与矿业工程学院，新疆　乌鲁木齐　830047）

摘　要：为探明新疆南部地区河流绿洲带地表水与地下水 δD、δ^{18}O 特征，于 2016 年 7、8、11 月和 2017 年 7、8 月在研究区进行 δD、δ^{18}O 样品采集。通过对河流绿洲带同一时期不同区域、不同时期同一区域的地表水与地下水 δD、δ^{18}O 在大气降水线上的分布特征分析发现：无论是同时期不同区域还是不同时期同一区域的地表水与地下水 δD、δ^{18}O 分布特征相似，分布于研究区冬、夏半年降水数据的交汇区域，并没有体现出取样月份的降水同位素特征，并且 δD、δ^{18}O 值均处于降水－融雪水－冰川水的 δD、δ^{18}O 值范围内，体现出其补给源存在多样性、变化性、累积性和滞后性的特点；同时，结合研究区实际情况分析表明，河流绿洲带水体的 δD、δ^{18}O 特征表现出其受到自然因素和人类活动的双重影响。

关键词：同位素；地表水；地下水；绿洲；新疆南部

环境同位素作为自然水体中的重要组成部分，非常敏感地响应着环境的变化，并记载着水循环演化的历史信息[1-2]。它是研究地下水起源、地下水年龄结构、地下水循环演化以及地下水系统等的重要手段[3-7]。Craig[8]首先发现全球淡水 δD 和 δ^{18}O 的相关性，并提出全球大气降水线方程(global meteoric water line，GMWL)，近年来，不少学者构建了区域降水线(local meteoric water line，LMWL)并以此为基础开展研究。同时，基于各水体所反映出的同位素特征研究，国内外学者也取得了丰硕的成果。卫文等[9]利用环境同位素方法识别松嫩平原西南部地下水的补给来源及循环规律；詹泸成等[10]通过水体稳定同位素在时间和空间上的变化规律，弄清洞庭湖湖区各水体间的相互关系；范广群等[11]对银川平原水体同位素特征分析发现，地表水与地下水之间水力联系十分密切；刘君[12]开展了呼和浩特盆地地下水年龄结构与补给流动模式研究；甄志磊[13]、贾德彬[14]、刘芬[15]、宋献方[16]、侯典炯[17]等利用同位素特征判别地表水与地下水转化关系。但是，对于不同研究区域同位素技术是否同样适用或运用时所需注意的问题，很多学者们并没有明确指出。

塔里木盆地周边分布着众多河流，河流孕育着绿洲，是人们生产生活的重要集中地，是极具代表性的人类活动区域。水资源对于绿洲的生态安全、适宜规模有着极大的影响，也是当地社会发展的决定性因素之一[18-21]。盆地周边的河流主要为雪冰融水和降水混合补给型河流，补给源主要形成于山区[22]。虽然河流绿洲带内的各水体补给源主要为雪冰融水和降水，但由于地理环境的特殊性、季节的更替造成补给源的不定性。以夏季河流为例，补给来源可能是夏季高山区降水、前一年冬季降雪融水以及冰川融水的混合水，所占比例及变化趋势需结合气候变化来分析；其比例反映在不同年份、不同季节各水体上也会存在差异。

本文以玉龙喀什河、喀拉喀什河、皮山河、车尔臣河、瓦石峡河、若羌河、米兰河及其流经的河流绿洲带为研究对象，揭示不同时间、空间各水体同位素特征，并对河流绿洲带地表水与地下水 δD、δ^{18}O 同位素特征进行分析。

1　研究区概况

研究区位于新疆南部地区(图 1)，选取典型的河流绿洲带进行分析，主要包括皮山河、玉龙喀什河、车尔臣河、瓦石峡河、若羌河、米兰河及其流经的河流绿洲带。

① **收稿日期：**2018－08－10；　**修订日期：**2018－11－09
基金项目：国家自然科学基金资助项目(U1603243)资助
作者简介：郭新(1992－)，男，硕士研究生，主要从事水文地质、环境地质方面的研究. E-mail:346498878@qq.com
通讯作者：李升. E-mail:lisheng2997@163.com

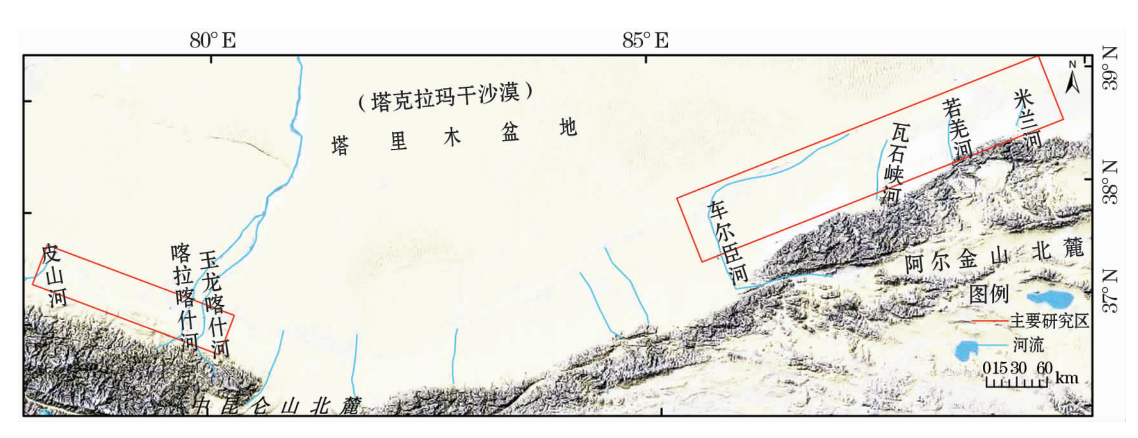


图 1　研究区位置图

Fig. 1　Geographical location of the study area

研究区内的河流主要接受雪冰消融和降水补给为主,出山口,在地势平缓处沿河流两岸形成民族聚居的大大小小的条块状绿洲带,人为修建的水利工程大多也都从此开始。河流径流年际变化不大,但年内分配极不均匀,6—9 月来水量分别占年水量的 70% 以上[22]。在陡倾的砾质平原,河水入渗条件好。平原区地下水径流方向和地形倾斜方向基本一致,大致为由山前向盆地中心径流,地下水排泄以径流和垂直排泄为主。受地形地貌、地层岩性、补给径流条件的影响,潜水地下水位具有环带状展布规律[20]。

自山麓向平原地貌依次为低山丘陵、冲洪积砾质平原、绿洲平原。水平方向上,岩性由粗变细,由卵砾石逐渐过渡为砂砾石、中粗砂、粉细砂和亚砂土。

2　样品采集与分析

水样采集工作分别在 2016 年 7、8、11 月,2017 年 7、8 月进行。共采集稳定同位素 δD、$\delta^{18}O$ 水样 185 组,其中地表水样 42 组,地下水样 143 组(图 2)。

河水选择河流流速较大的地方采集,地下水水样来自机民井和钻孔,在开井 10 min 后进行水样采集。取样过程中取样瓶完全浸于水下,在水中拧紧瓶盖,确保瓶中无气泡时取出,立即密封瓶口。采集的水样送至核工业北京地质研究院分析测试研究中心进行 δD 和 $\delta^{18}O$ 测定,分别通过 CO_2 平衡法和锌还原法,由同位素质谱仪(MAT－253)测试,测试结果以相对于维也纳标准平均大洋水(V-SMOW)的千分差值表示,分析精度分别为 ±2‰和 ±0.1‰。

3　数据处理与分析

3.1　大气降水线建立

进行大气降水中同位素组成分析是研究水循环的必要前提,在实际中通常选择研究区附近点大气降水稳定同位素观测资料,建立降水线方程[23－25]。

新疆地区的降水在季节上表现为夏季多而冬季少的特点,尽管其降水的季节分布与东部季风区相同,但新疆地区的气候主要受西风环流控制,受季风系统的直接影响较小,属于典型的西风气候区[26－28];也有研究表明,新疆地区水汽来源的变化与全球变暖的背景有着密切关系,源自高纬度大尺度的水汽含量的增加是研究区增湿的原因,并与高纬度区域快速增暖有关[29]。

本文选择研究区周边全球大气降水同位素网络(global network of isotopes in precipitation,GNIP)和田站、乌鲁木齐站和张掖站数据[30],建立区域降水线方程(图 3)为 $\delta D = 7.24\delta^{18}O + 1.96$ ($n = 264$, $R^2 = 0.95$)。

为验证建立大气降水线的适用性,采集并收集研究区周边近几年降水同位素数据[31－32],发现近几年降水同位素与借鉴各站点降水同位素数据分布特征相似,所建立的大气降水线适用。

3.2　河流绿洲带地表水与地下水 δD、$\delta^{18}O$ 分布特征

由于研究区降水同位素季节差异明显,将 3 站点降水同位素数据分为冬半年(10—3 月)和夏半年(4—9 月),并结合不同时期在各流域所采集地表水、地下水样进行整理分析。

3.2.1　同时期不同区域地表水与地下水 δD、$\delta^{18}O$ 分布特征　由图4可以看出,位于塔里木盆地南缘

图 2　样品采集位置图

Fig. 2　Locations of the sampling sites

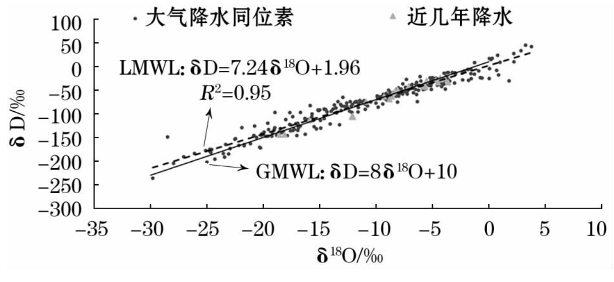


图 3　研究区大气降水 δD－δ^{18}O 关系图

Fig. 3　Plot of δD versus δ^{18}O in precipitation in the study area

的河流绿洲带，无论河流大小、位置差异，在同一时期内，除车尔臣河个别水样检测结果位于夏半年降水数据范围内，各河水样均位于冬、夏半年降水数据交汇处。根据李文鹏[33]的研究，塔里木盆地是一个封闭的内陆盆地，除东面有较低的风口外，其余三面高山环绕，车尔臣河位于盆地东南部，因此夏季部分区域会受到降水影响，同时，再次验证大气降水线的适用性。

结合3站点降水同位素数据分析(图5),可以发现各站点的全年降水同位素最大值均出现在每年的7、8月,虽然各河取样时间位于7、8月,但并没有体现研究区7、8月降水同位素特征。

3.2.2 同一区域不同时期地表水与地下水δD、δ^{18}O分布特征 由图6可以发现,同一年份不同时期、不同年份同一时期的水样结果均分布于冬、夏半年降水数据交汇处。

将各河绿洲带水样与采集、收集的降水样、融雪样、冰川水样对比分析(表1和表2)。皮山河水样δD、δ^{18}O值位于雨水与融雪水的范围内,其余各河水样δD、δ^{18}O值均位于冰川水与融雪水和雨水的δD、δ^{18}O值范围内,地表水与地下水的补给源存在多样性、变化性。根据孙从建等[32]对天山山区典型内陆河流域径流组分特征分析可知,河流的径流由地下水、冰川融水、融雪水及降水混合构成,与此类似。

上述分析发现,不同或同一河流绿洲带在同一

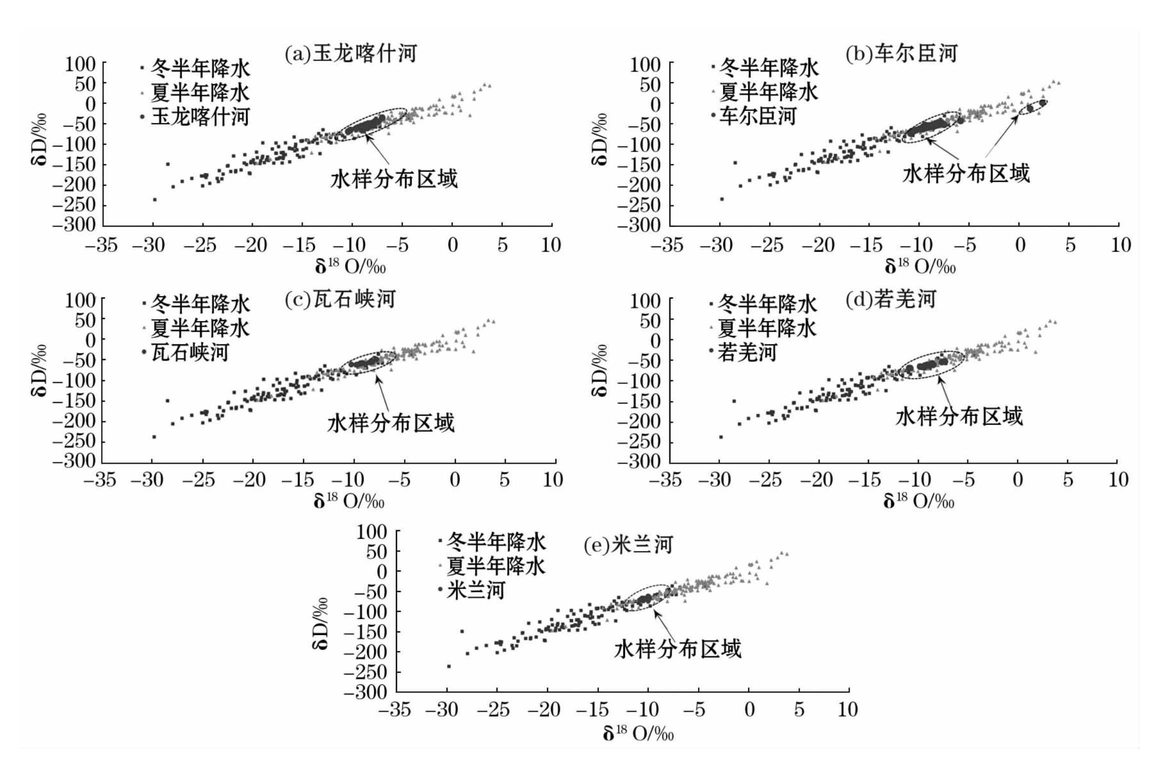


图4 2017年7、8月各河流绿洲带地表水地下水δD、δ^{18}O分布特征

Fig. 4 Distribution of δD and δ^{18}O in surface water and groundwater in the oases in July and August 2017

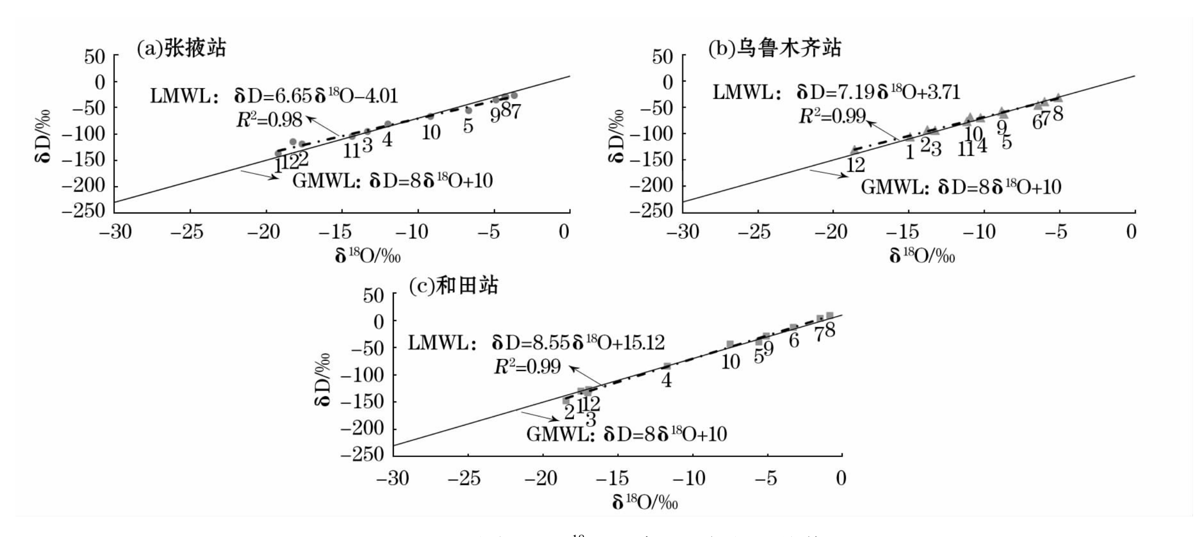


图5 3站点δD、δ^{18}O月降雨量加权平均值

Fig. 5 Weighted averages of δD versus δ^{18}O for monthly precipitation in Hotan, Urumqi and Zhangye

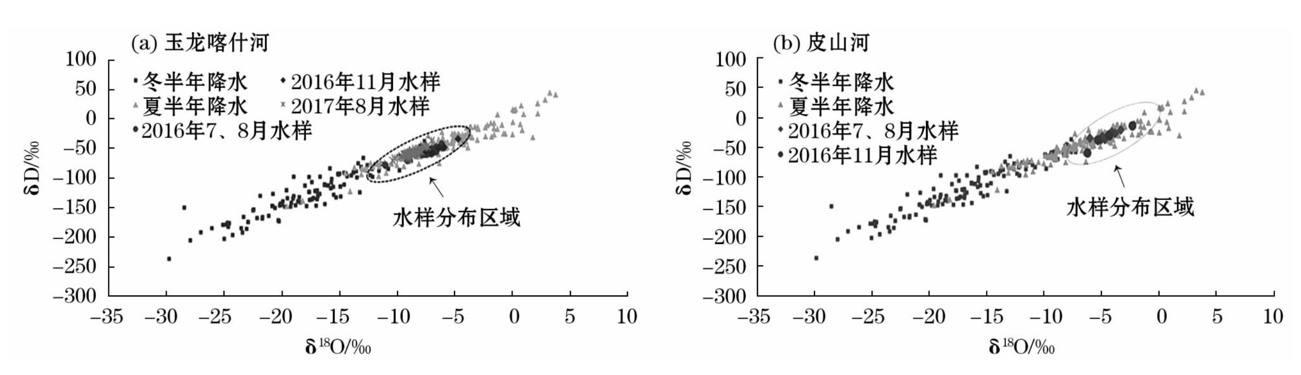


图 6　同一河流不同时期河流绿洲带地表水与地下水 δD、$\delta^{18}O$ 分布特征

Fig. 6　Distribution of δD and $\delta^{18}O$ in surface water and groundwater in the same drainage basin in different periods

表 1　各河绿洲带地表水与地下水 δD、$\delta^{18}O$ 统计

Tab. 1　Statistic results of δD and $\delta^{18}O$ in surface water and groundwater in the oases

河流	水样类型	δD/‰	$\delta^{18}O$/‰
车尔臣河	地表水	-52.53	-7.59
	地下水	-63.53	-9.23
瓦石峡河	地表水	-53.13	-8.43
	地下水	-57.96	-13.37
若羌河	地表水	-54.87	-7.83
	地下水	-65.12	-9.67
米兰河	地表水	-66.03	-10.23
	地下水	-71.78	-10.50
皮山河	地表水	-31.13	-4.36
	地下水	-33.92	-4.74
玉龙喀什河	地表水	-52.08	-7.38
	地下水	-55.91	-8.24

表 2　采集与收集的降水、融雪水、冰川水样统计表

Tab. 2　Statistic results of precipitation, snowmelt and glacier water samples

水样类型	δD/‰	$\delta^{18}O$/‰
采集夏季雨水	-27.1	-4.3
采集融雪水	-56	-8.5
收集融雪水	-41.325	-7.025
收集冰川融水	-81.875	-13.15

时期或不同时期的地表水样与地下水样均位于大气降水冬、夏半年交叉区域，且处于降水－融雪水－冰川水的 δD、$\delta^{18}O$ 值范围内。产生这种现象的主要原因是河流主要接受雪冰消融和降水补给为主，形成于山区的降水与雪冰融水并不能及时补给河流继而由河水补给地下水，随着季节的差异，主要补给源也会存在差异，不同时期内的各水体受到不同季节降水及雪冰融水混合补给的影响。同时，这些水体包含了不同季节、不同年份的补给源 δD、$\delta^{18}O$ 值信息，经历了一个较长时间的累积与混合作用。

新疆高山流域产流占地表径流的 80% 以上，积雪和冰川融水是河流的主要补给来源，并且随着新疆气候向暖湿转变，高山流域的水文过程对气候变暖和积雪增加产生明显的响应[34]。邢武成等[35]分析认为，夏季气温显著上升带来的消融大于年内降水带来的积累，是天山冰川退缩的主要原因，而部分流域如阿克苏河流域、玛纳斯河流域虽然气温也在升高，但是降水的增加在一定程度上弥补了气温上升造成的冰川物质亏损。

3.3　大气降水、地表水、地下水 δD 与 $\delta^{18}O$ 关系

根据前文分析，不同时期各河地表水、地下水 δD 与 $\delta^{18}O$ 分布特征相似，因此分别选取同一时期的中、小河流地表水与地下水样品进行分析(图 7)。

如图 7a 所示，车尔臣河地表水、地下水位于降水线附近，地表水、地下水的 δD 与 $\delta^{18}O$ 关系方程斜率均小于区域降水线斜率 7.24，表明水体均受到不同程度的蒸发作用，地表水受到蒸发作用强于地下水，主要分布于右上方；同时也可以发现，各类型地表水与地下水分布比较散乱，部分水体交错分布。由于水样主要采集于人类活动的河流绿洲带，除自然状态下“两水”转化关系的改变造成混合外，也同样受到人类活动的影响，因此地表水与地下水分布较为散乱且彼此交错分布。

再如图 7b 所示，3 条小河地表水与地下水表现出相同的特征：地表水与地下水基本处于同一条趋势线上，表明其补给源相同，但地表水受蒸发作用影响显著，沿趋势线大致向右上方移动，以米兰河与若羌河最为相似。根据实地调查米兰河、若羌河从出山口始，人为修建的水利工程基本截住地表径流，通过渠道到达河流下游绿洲带，河道基本无地表水流，

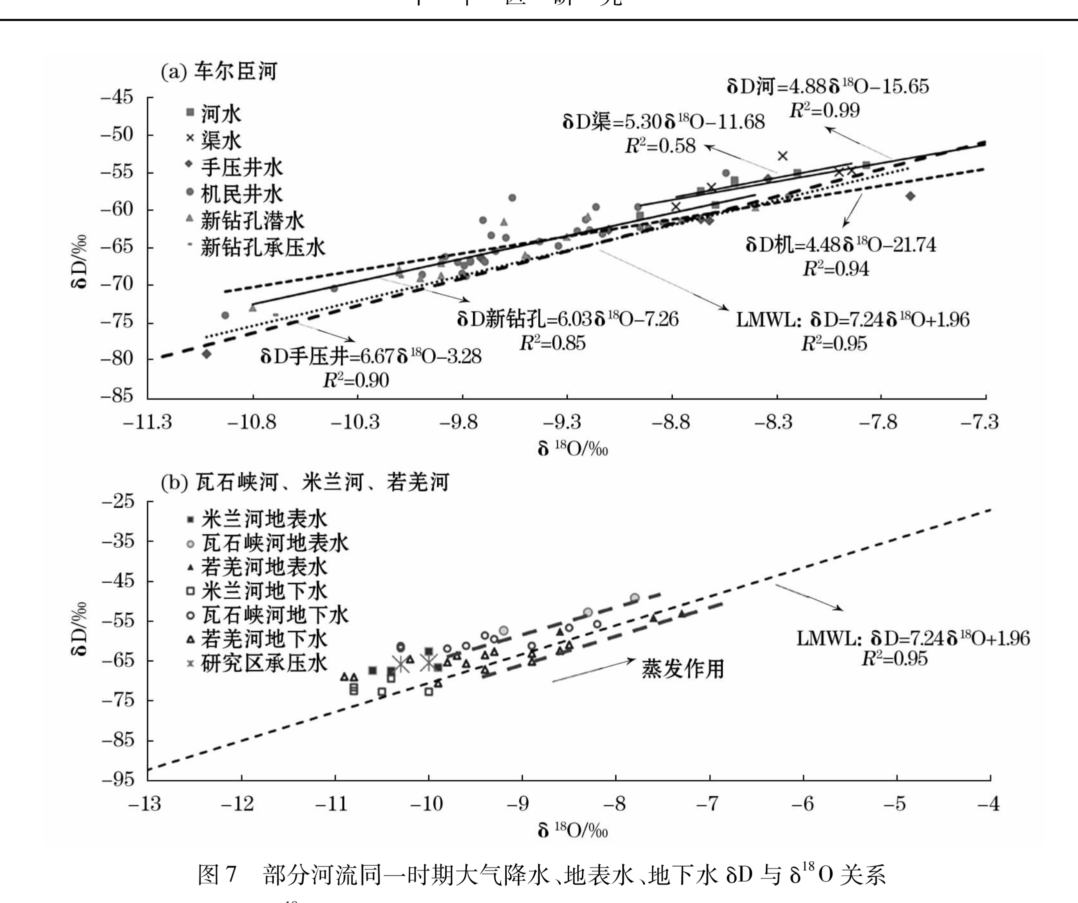


图 7 部分河流同一时期大气降水、地表水、地下水 δD 与 $\delta^{18}O$ 关系

Fig. 7 Relationship between δD and $\delta^{18}O$ in precipitation, surfer water and groundwater in some drainage basins in the same period

主要为泄洪使用。虽然瓦石峡河出山口处也有人为修建水利工程,但河道存在一定量的地表径流,因此数据出现波动。

4 结 论

(1) 新疆南部地区以积雪和冰川融水为主要补给源的河流其补给源存在多样性、变化性、累积性和滞后性,在水体 δD、$\delta^{18}O$ 上有较好的体现;河流绿洲带地表水与地下水 δD、$\delta^{18}O$ 特征体现其受到自然因素和人类活动的双重影响。

(2) 运用同位素 δD、$\delta^{18}O$ 在类似区域开展研究时,需要具有长时间序列的数据支撑,同时也要充分考虑人为因素的影响,才能如实、客观反映出这种具有动态变化趋势特征的现象,并以此来开展深入研究。

参考文献(References):

〔1〕 李小飞,张明军,马潜,等. 我国东北地区大气降水稳定同位素特征及其水汽来源〔J〕. 环境科学,2012,33(9):2 924－2 931.〔Li Xiaofei,Zhang Mingjun,Ma Qian,et al. Characteristics of stable isotopes in precipitation over Northeast China and its water vapor sources〔J〕. Environmental Science,2012,33(9):2 924－2 931.〕

〔2〕 柳鉴容,宋献方,袁国富,等. 西北地区大气降水 $\delta^{18}O$ 的特征及水汽来源〔J〕. 地理学报,2008,63(1):12－22.〔Liu Jianrong,Song Xianfang,Yuan Guofu,et al. Characteristics of $\delta^{18}O$ in precipitation over Northwest China and its water vapor sources〔J〕. Acta Geographica Sinica,2008,63(1):12－22.〕

〔3〕 李文宝,李畅游,贾德彬,等. 内蒙古中部夏季大气降水中同位素变化〔J〕. 干旱区研究,2017,34(6):1 214－1 221.〔Li Wenbao,Li Changyou,Jia Debin,et al. Change of stable isotopes in summer precipitation in central Inner Mongolia〔J〕. Arid Zone Research,2017,34(6):1 214－1 221.〕

〔4〕 蔡月梅,王文祥,张明江,等. 基于环境同位素分析吐鲁番盆地地下水流系统〔J〕. 中国地质,2016,43(4):1 439－1 445.〔Cai Yuemei,Wang Wenxiang,Zhang Mingiang,et al. An analysis of the groundwater flow system based on environmental isotopes in Turpan basin〔J〕. Geology in China,2016,43(4):1 439－1 445.〕

〔5〕 刘峰,崔亚莉,张戈,等. 应用氚和 ^{14}C 方法确定柴达木盆地诺木洪地区地下水年龄〔J〕. 现代地质,2014(6):1 322－1 328.〔Liu Fen,Cui Yali,Zhang Yi,et al. Using the ^{3}H and ^{14}C dating methods to calculate the groundwater age in Nuomuhong,Qaidam Basin〔J〕. Geoscience,2014(6):1 322－1 328.〕

〔6〕 邵杰,李瑛,侯光才,等. 新疆伊犁河谷地下水循环演化特征〔J〕. 干旱区研究,2017,34(1):20－25.〔Shao Jie,Li Ying,Hou Guangcai,et al. Evolution of groundwater circulation in the Yili

River Valley in Xinjiang〔J〕. Arid Zone Research,2017,34(1):20－25.〕

〔7〕 刘小康,饶志国,张肖剑,等. 天山地区大气降水氧同位素的影响因素及其对西风环流变化的指示意义〔J〕. 地理学报,2015,70(1):97－109.〔Liu Xiaokang,Rao Zhiguo,Zhang Xiaojian,et al. Variations in the oxygen isotopic composition of precipitation in the Tianshan Mountains region and their significance for the Westerly circulation〔J〕. Acta Geographica Sinica,2015,70(1):97－109.〕

〔8〕 Craig H. Isotopic variations in meteoric waters〔J〕. Science,1961,133(3 465):1 702－1 703.

〔9〕 卫文,陈宗宇. 应用环境同位素识别松嫩平原西南部地下水的补给来源〔J〕. 干旱区资源与环境,2017,31(1):173－177.〔Wei Wen,Chen Zongyu. Identification of the origin of groundwater recharge using environmental isotopes in the Southwest Songnen Plain〔J〕. Journal of Arid Land Resources and Environment,2017,31(1):173－177.〕

〔10〕 詹泸成,陈建生,张时音. 洞庭湖湖区降水－地表水－地下水同位素特征〔J〕. 水科学进展,2014,25(3):327－335.〔Zhan Hucheng,Chen Jiansheng,Zhang Shiyin. Characteristics of stable isotopes in precipitation, surface water and groundwater in the Dongting Lake region〔J〕. Advances in Water Science,2014,25(3):327－335.〕

〔11〕 范广群,张德忠,张建明,等. 银川平原水体氢氧同位素及主要水化学参数特征〔J〕. 干旱区研究,2018,35(5):1 040－1 049.〔Fan Guangqun,Zhang Dezhong,Zhang Jianming,et al. Hydrogen and oxygen isotopes and hydrochemical parameters of water samples from the Yinchuan Plain〔J〕. Arid Zone Research,2018,35(5):1 040－1 049.〕

〔12〕 刘君. 呼和浩特盆地地下水年龄结构与补给流动模式研究〔D〕. 北京:中国地质科学院,2016.〔Liu Jun. Study of Structure and Patterns of Groundwater Recharge and Groundwater Flow in Hohhot Basin〔D〕. Beijing:Chinese Academy of Geological Science,2016.〕

〔13〕 甄志磊,李畅游,李文宝,等. 内蒙古达里诺尔湖流域地表水和地下水环境同位素特征及补给关系〔J〕. 湖泊科学,2014,26(6):916－922.〔Zhen Zhilei,Li Changyou,Li Wenbao,et al. Characteristics of environmental isotopes of surface water and groundwater and their recharge relationships in Lake Dali basin〔J〕. Journal of Lake Sciences,2014,26(6):916－922.〕

〔14〕 贾德彬,王蓉,李文宝,等. 闪电河流域"三水"季节变化特征〔J〕. 干旱区研究,2017,34(2):251－258.〔Jia Debin,Wang Rong,Li Wenbao,et al. Seasonal change of δD and $δ^{18}O$ in surface water, groundwaterand precipitation in the Lightning River Basin〔J〕. Arid Zone Research,2017,34(2):251－258.〕

〔15〕 刘芬,王水献,蓝永超,等. 黑河流域张掖盆地地表水－地下水系统同位素特征及转化关系〔J〕. 南水北调与水利科技,2014,12(2):92－96.〔Liu Fen,Wang Shuixian,Lan Yongchao,et al. Environmental isotopes features and exchanges of surfacewater-groundwater system in the Zhangye Basin of Heihe River Watershed〔J〕. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology,2014,12(2):92－96.〕

〔16〕 宋献方,刘鑫,夏军,等. 基于氢氧同位素的岔巴沟流域地表水－地下水转化关系研究〔J〕. 应用基础与工程科学学报,2009,17(1):8－20.〔Song Xianfang,Liu Xin,Xia Jun,et al. Relationship between surface water and groundwater in the Cha Ba Gou watershed based on hydrogen and oxygen isotopes〔J〕. Journal of Basic Science and Engineering,2009,17(1):8－20.〕

〔17〕 侯典炯,秦翔,吴锦奎,等. 小昌马河流域地表水地下水同位素与水化学特征及转化关系〔J〕. 冰川冻土,2012,34(3):698－705.〔Hou Dianjiong,Qin Xiang,Wu Jinkui,et al. Sotopic,chemical characteristics and transforming relationship between surfacewater and groundwater in the Xiaochangma River Basin〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2012,34(3):698－705.〕

〔18〕 刘金鹏,费良军,南忠仁,等. 基于生态安全的干旱区绿洲生态需水研究〔J〕. 水利学报,2010,41(2):226－232.〔Liu Jinpeng,Fei Liangjun,Nan Zhongren,et al. Study on ecological water requirement of the arid area oasis based on the theory of ecological security〔J〕. Journal of Hydraulic Engineering,2010,41(2):226－232.〕

〔19〕 樊自立,艾里西尔,王亚俊,等. 新疆人工灌溉绿洲的形成和发展演变〔J〕. 干旱区研究,2006,23(3):410－418.〔Fan Zhili,Ai Lixier,Wang Yajun,et al. Formation,development and evolution of the artificially-irrigated oases in Xinjiang〔J〕. Arid Zone Research,2006,23(3):410－418.〕

〔20〕 陈亚宁,陈忠升. 干旱区绿洲演变与适宜发展规模研究——以塔里木河流域为例〔J〕. 中国生态农业学报,2013,21(1):134－140.〔Chen Yaning,Chen Zhongsheng. Analysis of oasis evolution and suitable development scale for arid regions:A case study of the Tarim River Basin〔J〕. Chinese Journal of Eco-Agriculture,2013,21(1):134－140.〕

〔21〕 姚一平,瓦哈甫·哈力克,伏吉芮. 干旱区绿洲规模适宜度评价——以于田绿洲为例〔J〕. 湖南师范大学自然科学学报,2016,39(3):1－7.〔Yao Yiping,Wahafu Halike,Fu Jirui. Study on the suitability evaluation of oasis scale in arid area:A case study of the Keriya Oasis〔J〕. Journal of Natural Science of Hunan Normal University,2016,39(3):1－7.〕

〔22〕 王世江. 中国新疆河湖全书〔M〕. 北京:中国水利水电出版社,2010:316－356.〔Wang Shijiang. Book of Rivers and Lakes in Xinjiang,China〔M〕. Beijing:China Water & Power Press,2010:316－356.〕

〔23〕 Dansgaard W. Stable isotopes in precipitation〔J〕. Tellus,1964,16(4):436.

〔24〕 Mayr C,Lücke A,Stichler W,et al. Precipitation origin and evaporation of lakes in semi-arid patagonia (argentina) inferred from stable isotopes ($δ^{18}O$,$δ^{2}H$)〔J〕. Journal of Hydrology,2007,334(1):53－63.

〔25〕 王晓艳,卢爱刚,蒋缠文,等. 渭南大气降水中氢氧同位素特征与水汽来源关系〔J〕. 干旱区资源与环境,2017,31(8):122－128.〔Wang Xiaoyan,Lu Aigang,Jiang Chanwen,et al. Character-

istics of δD and $\delta^{18}O$ in precipitation and the moisture origin in Weinan〔J〕. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2017,31(8):122－128.〕

〔26〕Chen F H, Chen J H, Holmes J, et al. Moisture changes over the last millennium in arid Central Asia: A review, synthesis and comparison with Monsoon Region〔J〕. Quaternary Science Reviews, 2010,29(7):1 055－1 068.

〔27〕陈发虎,陈建徽,黄伟. 中纬度亚洲现代间冰期气候变化的“西风模式”讨论〔J〕. 地学前缘,2009,16(6):23－32.〔Chen Fahu, Chen Jianhui, Huang Wei. A discussion on the westerly-dominated climate model in mid-latitude Asia during themodern interglacial period〔J〕. Earth Science Frontiers, 2009, 16(6):23－32.〕

〔28〕Chen F, Yu Z, Yang M, et al. Holocene moisture evolution in arid Central Asia and its out-of-phase relationship with Asian Monsoon history〔J〕. Quaternary Science Reviews, 2015, 27(3):351－364.

〔29〕戴新刚,李维京,马柱国. 近十几年新疆水汽源地变化特征〔J〕. 自然科学进展,2006,16(12):1 651－1 656.〔Dai Xingang, Li Weijing, Ma Zhuguo. Variation characteristics of water vapor sources in Xinjiang in recent ten years〔J〕. Progress in Natural Science, 2006, 16(12):1 651－1 656.〕

〔30〕IAEA/WMO. the Global Network of Istopes in Precipitation. The GNIPD database. http://www.iaea.org/water, 2018.

〔31〕Wang S, Zhang M, Hughes C E, et al. Factors controlling stable isotope composition of precipitation in arid conditions: An observation network in the Tianshan Mountains, Central Asia〔J〕. Tellus Series B-chemical & Physical Meteorology, 2016, 68(Suppl.):289－299.

〔32〕孙从建,陈伟. 天山山区典型内陆河流域径流组分特征分析〔J〕. 干旱区地理,2017,40(1):37－44.〔Sun Congjian, Chen Wei. Streamflow components in inland rivers in the Tianshan Mountains, Northwest China〔J〕. Arid Land Geography, 2017, 40(1):37－44.〕

〔33〕李文鹏. 中国西北典型干旱区地下水流系统〔M〕. 北京:地震出版社,1995:150－152.〔Li Wenpeng. Groundwater Flow System in Typical Arid Areas of Northwest China〔M〕. Beijing: Seismological Press, 1995:150－152.〕

〔34〕沈永平,苏宏超,王国亚,等. 新疆冰川、积雪对气候变化的响应(Ⅰ):水文效应〔J〕. 冰川冻土,2013,35(3):513－527.〔Shen Yongping, Su Hongchao, Wang Guoya, et al. The responses of glaciers and snow cover to climate change in Xinjiang Ⅰ. Hydrological effects〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology, 2013, 35(3):513－527.〕

〔35〕邢武成,李忠勤,张慧,等. 1959 年来中国天山冰川资源时空变化〔J〕. 地理学报,2017,72(9):1 594－1 605.〔Xing Wucheng, Li Zhongqin, Zhang Hui, et al. Spatial-temporal variation of glacier resources in Chinese Tianshan Mountains since 1959〔J〕. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(9):1 594－1 605.〕

Characteristics of δD and $\delta^{18}O$ in Surface Water and Groundwater in the Oases

GUO Xing, LI Sheng, YU Bin

(*College Geology and mineral Engineering, Xinjiang University, Urumqi* 830047, *Xinjiang, China*)

Abstract: In order to perform a detailed investigation on the variation characteristics of δD and $\delta^{18}O$ in the oases in south Xinjiang, the samples of surface water and groundwater were collected in July, August and November 2016 and July and August 2017, respectively. After analyzing the characteristics of δD and $\delta^{18}O$ in surface water, groundwater and precipitation in different drainage basins in south Xinjiang in the same period, it was found that the distribution of δD and $\delta^{18}O$ in surface water and groundwater was similar. The isotopes were distributed at the intersection of precipitation data in winter and summer, and there was no a seasonal difference. The values were all in the range of δD and $\delta^{18}O$ in precipitation, snowmelt and glacier water. Which revealed the diversity, variation, accumulation and lagging characteristics of the recharge sources. Moreover, the characteristics of δD and $\delta^{18}O$ in surface water, groundwater and precipitation in the oases were jointly affected by both natural factors and human activities based on considering the actual situation of the study area.

Key words: isotope; surfer water; groundwater; oasis; south Xinjiang